

EMERGENCY FACILITY LOCATION
MODELS,ALGORITHMS,AND APPLICATIONS

应急设施选址

模型、算法与应用

刘杨 著

建筑工业出版社

应急设施选址 模型、算法与应用

刘 杨 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

应急设施选址 模型、算法与应用/刘杨著. —北京:
中国建筑工业出版社, 2018. 10
ISBN 978-7-112-22521-7

I. ①应… II. ①刘… III. ①紧急避难-公共场所-
选址 IV. ①TU984. 199

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 179709 号

本书介绍了应急设施选址的现实和理论背景, 从应急设施繁忙度、空间间隔度量、可靠性导向三条脉络出发, 构建了设施点选址模型, 包括应急避难场所选址的最大准备度模型、基于空间排队的应急设施选址模型、动态设施配置模型; 选址-路径模型, 包括机会约束目标规划建模框架下的选址-路径模型; 选址-网络模型, 包括确定和随机交通网络中关键应急避难场所识别模型和最近分配准则下关键应急避难场所识别模型; 并从需求分析、系统设计、算法库、界面等角度说明了决策支持系统的计算平台设计。

本书可作为城乡规划、应急管理、交通规划与管理等专业的研究生和高年级本科生参考书, 也可供政府和规划等部门的技术人员参考。

责任编辑: 王美玲 吕 娜

责任校对: 姜小莲

应急设施选址 模型、算法与应用

刘 杨 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京佳捷真科技发展有限公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 7 字数: 169 千字

2018 年 12 月第一版 2018 年 12 月第一次印刷

定价: 35.00 元

ISBN 978-7-112-22521-7

(32591)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

近期多个城市所发布的 2035 年规划指标体系中均对“人均应急避难场所面积”提出了具体的要求，这既体现了城市应急防灾安全的重要性，也对设施布局选址研究提出了更高的要求。设施选址是设施布局规划的基础理论。本书以离散和网络设施选址为基础，从应急设施繁忙度、供应-需求间的空间间隔度量、可靠性选址三个视角出发，对应急设施选址问题展开研究，构建了模型、算法、决策支持系统等，包括：①设施点选址模型，如应急避难场所选址的最大准备度模型、基于空间排队的应急设施选址模型、动态设施配置模型；②选址-路径模型，如机会约束目标规划建模框架下的选址-路径模型；③选址-网络模型，如确定和随机交通网络中关键应急避难所识别模型和最近分配准则下关键应急避难所识别模型；④决策支持系统，如从需求分析、系统设计、算法库、界面等角度说明了计算平台设计。

2003 年我国集中爆发的非典促使国内由对工程防灾的重视转变到对突发事件应急管理关注，进而提高到城市安全的层面。本书的研究起源于这一历史背景。在此期间，作者获得中国博士后基金（20080430686）和上海市博士后基金“城市应急服务设施布局与应急交通网络组合规划——数学模型及算法”、国家自然科学基金青年基金（51008160）“城乡基本公共服务均等化理念下的应急车辆配置模式和布局问题研究”、南京农业大学中央高校基本科研业务费项目（SKZK2015005）、南京农业大学工学院人才科研启动基金项目（RCQD16-01）、南京农业大学工学院农机基金项目（GXZ09005）等项目资助，承担了上海市、克拉玛依市、南宁市等地的应急防灾咨询项目，完成了同济大学交通运输工程学院博士学位论文《应急车辆管理的优化模型与方法研究》，同济大学建筑学博士后出站报告《城市应急交通服务设施布局和网络优化模型研究》，发表论文近 20 篇，获软件著作权 2 项。

本书的特色主要体现在以下几个方面：①空间规划是城市防灾应急和公共安全规划等的核心，它的基本内容是确定防灾应急设施“点-线-网”的空间布局和功能组织形式，构

成城市防灾应急活动的物质载体，和其他防灾应急安全规划类书籍相比，本书侧重于城市应急设施这一微观对象，采用定量的运筹学模型为研究工具，对应急设施的布局选址展开研究，构建了相关模型，开发了计算平台。②和设施选址、应急交通网络类书籍相比，本书的设施选址模型以应急设施繁忙度、供应-需求间的空间间隔度量、可靠性选址三者为研究特色。特别是选址-网络部分，将交通网络流模型与设施选址模型相结合，用以表征空间间隔，这是以往的研究中不多见的。

感谢支喜兰教授、彭国雄教授、杨晓光教授、戴慎志教授等师长们一直以来对我的指导和培养；感谢研究组袁昀、庞浩等研究生的辛勤付出；感谢赵禹骅教授和周小庄教授等朋友们对本书研究的支持。

在智慧城市高速发展的当下，为城市应急安全防灾系统提供定量化的优化理论与方法是一种尝试，任何批评和建议都是对未来发展的鼓励。

刘杨

目 录

1 引言	1
1.1 现实背景	1
1.1.1 防灾规划	1
1.1.2 突发事件应急管理	2
1.1.3 城市安全规划	3
1.1.4 应急服务的特征	4
1.2 理论背景	4
1.2.1 选址理论	4
1.2.2 设施选址	6
1.3 章节和模型安排	9
2 应急设施选址模型综述	10
2.1 离散和网络设施选址模型	10
2.1.1 基本模型	10
2.1.2 模型发展方向	14
2.1.3 算法设计	16
2.1.4 应急设施选址	16
2.2 应急设施繁忙度量方法	17
2.2.1 概述	17
2.2.2 繁忙率	18
2.2.3 超立方体模型	20
2.3 设施选址中空间间隔的度量方法	22
2.3.1 距离	23
2.3.2 路径	23
2.3.3 网络流	25
2.4 可靠性导向下的选址模型	27
2.4.1 中断模型	27
2.4.2 保护模型	28
2.4.3 设计模型	29
3 设施点选址模型	31
3.1 应急避难场所选址最大准备度覆盖模型	31
3.1.1 文献回顾	31

3.1.2	模型	31
3.1.3	算法	32
3.1.4	实例计算与结果分析	35
3.1.5	小结	37
3.2	基于空间排队模型的应急车辆选址模型	37
3.2.1	文献回顾	37
3.2.2	模型	38
3.2.3	算法	40
3.2.4	实例计算与结果分析	42
3.2.5	小结	47
3.3	动态设施配置模型	48
3.3.1	文献回顾	48
3.3.2	模型	49
3.3.3	算法	51
3.3.4	实例计算与结果分析	52
3.3.5	小结	53
4	选址-路径模型	54
4.1	文献回顾	54
4.2	模型	55
4.3	算法	56
4.3.1	算法框架	56
4.3.2	决策变量的表达	56
4.3.3	随机模拟	57
4.4	实例计算与结果分析	58
4.5	小结	59
5	选址-网络交互关系	60
5.1	交通网络与网络流的表示方法	60
5.1.1	交通网络	60
5.1.2	交通网络流	60
5.1.3	交通网络设计	63
5.2	双层规划与 MPEC	65
5.2.1	双层规划模型	65
5.2.2	MPEC	65
5.3	选址-网络交互关系	66
5.3.1	非拥挤交通网络中的设施选址-交通网络设计	66
5.3.2	拥挤交通网络流中的设施选址	68
5.4	算法设计	68

6 选址-网络模型	70
6.1 交通网络中关键应急避难场所识别模型	70
6.1.1 模型	70
6.1.2 算法	75
6.2 最近分配准则下关键应急避难场所识别模型	77
6.2.1 模型	77
6.2.2 实例计算与结果分析	79
6.2.3 小结	80
7 决策支持系统设计	81
7.1 概述	81
7.2 需求分析	82
7.3 系统设计	84
7.4 算法库	87
7.5 可交互界面	87
参考文献	89

1 引言

1.1 现实背景

经过 40 年的改革发展，中国开始由解决温饱为主要任务的生存型社会向以促进人的全面发展为目标的发展型社会过渡。在这个历史性过渡阶段，全社会公共需求全面快速增长与公共服务不到位、基本公共产品短缺成为突出矛盾（迟福林 等，2009）。作为城乡可持续发展的重要支撑，安全一直是城乡建设的首位要求。相应的防灾减灾应急问题作为基本公共服务的一部分也亟须引起人们的高度关注。

目前“灾害”和“突发事件”两词具有一定的通用性。按照《国家突发公共事件总体应急预案》的分类，突发公共事件可分为四类：自然灾害、事故灾难、公共卫生事件和社会安全事件，而灾害可分为自然灾害、技术灾害和人为灾害（王绍玉 等，2005）。在概念使用上，突发事件更侧重于强调事件的突发性和偶然性。我国对防灾减灾的研究已有多年历史，而相对来说，突发事件应急管理是一个较新的概念。2003 年，非典在我国几个大城市集中爆发，促使国内由对工程防灾的重视转变到对突发事件应急管理的关注，进而提高到城市安全的层面。为此首先从防灾规划、突发事件应急管理、城市安全规划 3 个方面对本书研究的现实背景进行介绍。

1.1.1 防灾规划

我国现有城市规划体系内的防灾工程规划以各部门制定的防灾专业规划和根据灾害事故种类制定的应急处置预案为主导，主要是在各灾种综合研究评估的基础上，将各专业防灾规划内容和要点进行罗列，对其中与空间布局相关的内容进行具体落实（戴慎志，2015）。对象主要包括：确定设防标准、防灾设施布局、防灾对策与措施等。在灾种方面，防灾规划主要有洪灾、地震、消防、人防四个方面，尚未涉及影响社会安定的非自然灾害。

当前我国的城市防灾规划正处于从单项专业规划转向综合规划的探索阶段。以往的防灾比较突出工程手段的重要性，随着人们对灾害规律认识的深入，现在已越来越强调非工程手段的作用。从城市规划学科角度，概括防灾手段有三种：工程防灾、规划防灾和管理防灾，所谓综合防灾应该是这三种手段的综合应用。部分城市进行了综合防灾规划的探索，如唐山、厦门、深圳等。

目前的防灾规划研究主要集中在城市，也有研究者在乡村、镇方面进行了探讨。在体制机制层面，葛学礼 等（1996）、王成华 等（2002）提出了村镇建设规划中的防灾体制，严立冬（1998）开展了中国农村减灾防灾经济学研究，苏经宇 等（2008）提出具有两道防线的城乡防灾体系建设基本思路，初步构建了城乡防灾体系框架。在微观技术层面，目前农村防灾减灾方面的成果多以标准和规范的形式体现，如“十一五”国家科技支撑计划

“村镇防灾减灾能力提升关键技术研究”“十二五”国家科技支撑计划“村镇综合防灾减灾关键技术与示范”已资助了大批的涉及乡村、镇区的防灾减灾规范。

1.1.2 突发事件应急管理

“应急”和“突发事件”密不可分。突发事件是一个模糊但非常重要的概念，在不同的国家有不同的定义。在我国，根据2006年发布的《国家突发公共事件总体应急预案》中的规定：突发公共事件是指突然发生，造成或者可能造成重大人员伤亡、财产损失、生态环境破坏和严重社会危害，危及公共安全的紧急事件。根据突发公共事件的发生过程、性质和机理，将突发公共事件分为四类：自然灾害、事故灾难、公共卫生事件和社会安全事件。各类突发事件按照性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，一般分为四级：Ⅰ级（特别重大）、Ⅱ级（重大）、Ⅲ级（较大）、Ⅳ级（一般）。

应急管理是指在应对突发事件的过程中，为了降低突发事件的危害，达到优化决策的目的，基于对突发事件的原因、过程及后果进行分析，有效集成社会各方面的相关资源，对突发事件进行有效预警、控制和处理的过程（计雷等，2006）。从层次上，应急管理系统的研究可以分为宏观领域和微观领域两个层面。宏观领域的研究是对应急管理系统的总体指导，微观领域的研究则是在宏观指导下的实际操作，两者是应急管理实际工作中不可或缺的两面。

宏观领域将应急管理的指导思想、原则以及管理体系的建设作为主要研究对象，可以分为机理和机制两个方面。机理有两层含义，一是指突发事件的发生、发展、消亡的演变规律；二是指应急管理的规律。机制是指在应急管理中各机构的职责和他们之间的联系，以及用来协调和规范各管理层面工作的规则、法律、法规、政策等。

微观领域将决策辅助技术作为研究对象，与宏观领域的广泛适应性不同，目前微观领域的研究是较为分散的，在警察、消防、医疗急救、抗灾救灾、交通事故、危险化学品的运输等领域均有涉及。综合现有的文献，微观领域的研究主要集中在资源管理、预案管理、教育培训、在线决策、人员撤退等几个方面（计雷等，2006；祁明亮等，2006；池宏等，2005），表1-1列出了微观领域研究的主要内容。

应急管理系统研究的主要内容

表 1-1

研究方面	内容
资源管理问题	(1)资源的优化和布局 (2)资源的调度 (3)资源的评估
预案管理问题	(1)事件的分类分级 (2)预案中的场景选择 (3)预案的动态调整
教育培训问题	(1)专业技能培训 (2)非专业技能培训
在线决策	实时在线决策支持系统
人员撤退问题	(1)撤退通道的设计 (2)撤退路线的设计 (3)城市区域人员疏散路线的设计

应急交通是事件管理中的重要组成部分，它是为了满足突发事件出现后的特殊交通需求。在遇到突发事件时，交通系统面临着两种需求：一是迅速疏散人员，以减少伤亡；二是迅速调动应急救援所需的人员和物资。

和应急管理系统类似，应急交通体系主要包括交通基础设施、交通工具、信息系统与应急组织机构。应急交通规划就是把这些要素进行综合统筹的规划，使整个体系能在突发事件出现时迅速启动，有机运作，以满足上述特殊的交通需求（刘志，2008）。

在研究层次上，微观技术层面的应急交通研究主要集中在突发事件背景下人和物的移动问题。应急交通有不同的分类方法（刘杨，2009），如表 1-2 所示。

应急交通分类

表 1-2

标准	内容
阶段	设施规划和动态运行
设施	应急服务设施和应急交通设施
流向	疏散流和救援流
对象	物流和人流
规模	个体和群体
网络	小规模 and 大规模
时间	静态和动态
方法	数学建模和计算机仿真

1.1.3 城市安全规划

当代城市面临的安全问题可概括为犯罪类、自然灾害类、技术灾害类和恐怖袭击类（BRANSCOMB, 2006）。近年来，城乡规划界已认识到，城市安全已从传统安全逐步向非传统安全转变，张翰卿等（2005）对之前的城市安全规划方面的研究进行了综述。相对而言，防灾规划以灾害的最不利情况作为设计依据，制定防灾对策；应急规划则对灾害事件采取分级应对的策略，以求充分利用不同层面的资源，它的规划周期涉及永久、单日、小时等（ALEXANDER, 2016），而城市安全规划一般在单灾种城市安全防灾规划和城市安全应急规划基础上编制，是一种覆盖不同灾种、不同防灾阶段、不同防灾手段的安全规划形式（张翰卿，2011）。近期针对城市安全问题，刘茂等（2006）、顾林生等（2009）、万汉斌等（2011）、刘奕等（2012）、翟国方（2016）对城市公共安全规划的编制层次和规划内容进行了探索。

美国“9·11”事件后，恐怖袭击逐渐成为城市安全的重点。美国城市规划界讨论较多的是恐怖主义根源治理以及对城市空间结构的反思（张庭伟，2002）。我国学术界针对恐怖事件对城市安全的影响研究，如詹庆明等（2010）提出了恐怖事件条件下基于 GIS 的城市安全片区的设想，杨恕等（2008）提出了城市反恐安全区划的思路及量化指标，

郭湘闽等(2012)提出了反恐视角下的安全城市设计理念。

1.1.4 应急服务的特征

尽管防灾规划、应急管理、安全规划等特点有所差异,但作为一类特殊服务,有三个特征值得高度关注。

(1) 需求不确定性

事件发生的时间、地点、类型与等级、影响范围等要素均具有高度的不确定性(Un-certainty)和不可预测性(Unpredictability),由此带来的应急需求,包括应急救援需求和疏散需求也是不确定的。因为需求在应急资源配置中是一个关键的输入变量,而又不易准确估计,如果不考虑需求的不确定性,可能导致投资决策的偏差。

(2) 应急时间要求

虽然事件类型不同,所需的应急时间有所差异,但普遍要求尽可能短的应急时间。对于交通事故重伤者,在30min内获救,其生存率为80%;在60min内获救,其生存率为40%;在90min内获救,其生存率仅为10%以下。这就是医学界的抢救“黄金1小时”法则。在地震等地质灾害发生后,有“黄金72小时”之说。在72h期间,灾民的存活率随时间的消逝呈递减趋势,在第一天(即24h内),被救出的人员存活率在90%左右;第二天,存活率在50%~60%;第三天,存活率在20%~30%。

(3) 成本-效能视角

受到稀缺公共资源和有限公共财力的制约,应急防灾安全服务设施的建设必须按照效能最高、成本最低的总思路进行科学、全面、合理的系统化设计,并按照这个总思路进行评估和改进。但由于受到需求不确定的影响,其效能的准确评估是相当困难的。

1.2 理论背景

1.2.1 选址理论

LARSON(2006)用实际案例提出了在应急管理中所隐含的理论问题。抵御事件带来的危害有两种基本途径:一是降低事件发生的可能性,二是合理布局应急资源。空间规划是城市防灾应急和公共安全规划等的核心,它的基本内容是确定防灾应急设施“点-线-网”的空间布局和功能组织形式,构成城市防灾应急活动的物质载体。

城市空间规划的基础是城市用地开发问题。从用地形态上,城市用地开发问题可表述为两类基本问题(吴志强,1986)。第一类为选址问题:用地的开发选在什么地方是合理的,所有的研究方法和角度都试图论证何为选址合理性,并在其合理定义下进行工作,解决城市用地开发的选址问题。第二类为规模问题:什么是开发规模的依据,这个问题要比选址问题更复杂。任何城市用地开发问题都包含这两类基本问题。其他城市用地问题的讨论都是这两类基本问题的分化、展开和表现。

选址问题研究历史悠久。17世纪初,FERMAT P.(1601-1665)提出一个著名的问题:已知一个三角形,求一点使其到三角形的三个顶点的距离之和为极小,现在的术语称为1-中值问题。1646年TORRICELLI E.(1608-1647)给出了解答(HALE et al.,

2003)。1909年,WEBER研究了在平面上确定一个仓库的位置使得仓库与多个顾客之间的总距离最小的问题,称为Weber问题。他在欧氏空间里建立了一个1-中值问题模型,正式开始了选址理论的研究。1964年HAKIMI提出了网络上的P-中值问题与P-中心问题,这篇具有里程碑意义的论文促进了选址问题的研究。到目前为止,选址理论主要有三条研究主线,包括①经济学,代表人物如ISARD W.;②心理-行为学,代表人物如GOLLEDGE R.;③工程学,代表人物如REVELLE C。在CHURCH et al.(2009)基础上,提出的选址理论的代表人物如表1-3所示。

选址理论的代表人物列表

表 1-3

著作者(年份)	代表著作或问题
FERMET	已知一个三角形,求一点使其到三角形的三个顶点的距离之和为极小
THUNEN(1826)	原著于1826年德国出版 中译本:约翰·冯·杜能著.孤立国同农业和国民经济的关系[M].吴衡康译.北京:商务印书馆,2010.
WEBER(1909)	原著于1909年德国出版 中译本:阿尔弗雷德·韦伯著,工业区位论[M].李刚剑,陈志人,张英保译.北京:商务印书馆,2011.
HOTELLING(1929)	Hotelling H. Stability in competition[J]. Economic Journal,1929,39:41-57.
CHRISTALLER(1933)	原著于1933年德国出版 中译本:沃尔特·克里斯塔勒著.德国南部中心地原理[M].王兴中译.北京:商务印书馆,2010.
LOSCH(1939)	原著于1939年德国出版 中译本:奥古斯特·勒施著.经济空间秩序[M].王守礼译.北京:商务印书馆,2010.
ISARD(1956)	ISARD W. Location and space economy: A general theory relating to industrial location, market areas, land use, trade, and urban structure[M]. Published jointly by the Technology Press of Massachusetts Institute of Technology and Wiley, 1956. 中译本:沃尔特·艾萨德著.区位与空间经济:关于产业区位、市场区、土地利用、贸易和城市结构的一般理论[M].杨开忠,沈体雁,等译.北京:北京大学出版社,2011.
ALONSO(1964)	ALONSO W. Location and land use: Toward a general theory of land rent. Harvard University Press, 1964. 中译本:威廉·阿朗索著.区位和土地利用:地租的一般理论[M].梁进社,李平,王大伟译.北京:商务印书馆,2010.
COOPER(1963,1964)	COOPER L. Location-allocation problems[J]. Operations Research, 1963, 11(3): 331-343. COOPER L. Heuristic methods for location-allocation problems[J]. SIAM Review, 1964, 6(1): 37-53.
HAKIMI(1964,1965)	HAKIMI S. Optimum location of switching centers and the absolute centers and medians of a graph[J]. Operations Research, 1964, 12(3): 450-459. HAKIMI S. Optimum distribution of switching centers in a communication network and some related graph theoretic problems[J]. Operations Research, 1965, 13(3): 462-475.
TEITZ(1968)	TEITZ M., Bart P. Heuristic methods for estimating the generalized vertex median of a weighted graph[J]. Operations Research, 1968, 16(5): 955-961.

续表

著作者(年份)	代表著作或问题
REVELLE (1970,1974,1984,2005)	REVELLE C.,SWAIN R. Central facilities location[J]. Geographical Analysis, 1970,2(1):30-42. CHURCH R.,REVELLE C. The maximal covering location problem[J]. Papers of the Regional Science Association,1974,32(1):101-118. CURRENT J.,REVELLE C.,COHON J. The shortest covering path problem: An application of locational constraints to network design[J]. Journal of Regional Science,1984,24:161-185. REVELLE C.,EISELT H. A. Location analysis: A synthesis and survey[J]. European Journal of Operational Research,2005,165(1):1-19.
GOLLEDGE(1997)	GOLLEDGE R.,STIMSON R. Spatial behavior: A geographic perspective. Guilford Press,1997. 中译本:雷金纳德·戈列奇,罗伯特·斯廷森[著]. 空间行为的地理学[M]. 柴彦威,曹小曙,龙韬译. 北京:商务印书馆,2013.
FUJITA(2001,2013) KRUGMAN(2001)	FUJITA M.,KRUGMAN P.,VENABLES A. The spatial economy: Cities, regions and international Trade[M]. MIT Press,2001. 中译本:藤田昌久,保罗·R·克鲁格曼,安东尼·J·维纳布尔斯著. 空间经济学: 城市、区域与国际贸易[M]. 梁琦译. 北京:中国人民大学出版社,2011. FUJITA M.,THISSE J. Economics of agglomeration: Cities, industrial location, and globalization(2 nd ed.)[M]. Cambridge University Press,2013. 中译本:藤田昌久,雅克-弗朗斯瓦·蒂斯著. 集聚经济学:城市、产业区位与全球化(第2版)[M]. 石敏俊等译. 上海:上海世纪出版股份有限公司,2016.
CHAN(2005)	CHAN Y. Location,transport and land-use: Modelling spatial-temporal information [M]. Springer,2005. CHAN Y. Location theory and decision analysis: Analytics of spatial information technology(2 nd ed.)[M]. Springer,2011.

1.2.2 设施选址

设施选址 (Facility Location) 问题是众多选址问题中的一个重要研究领域, 设施选址中的设施一般是指与生产、生活、物流和军事等相关的、用地规模相对较小的具体网点、场所。

设施选址模型需要解决的问题包括 (DASKIN, 2013):

- 1) 多少设施需要选址?
- 2) 每个设施放在何处?
- 3) 每个设施的规模如何?
- 4) 每个需求点分配给设施点的需求量是多少?

设施选址模型可概括为对给定空间上设施选址问题的建模、规划和计算解决 (REVELLE et al., 2005), 主要采用运筹学等计量研究方法 (杨丰梅等, 2010; 王铮等, 2011)。设施选址的综述性书籍可见表 1-4 所示。

设施选址经典书籍列表

表 1-4

著作者(年份)	书籍名称
DREZNER(1995)	DREZNER Z. Facility location: A survey of applications and methods[M]. Springer, 1995.
DREZNER et al. (2002)	DREZNER Z, HAMACHER H. Facility location: applications and theory [M]. Springer, 2002.
EISELT et al. (2004)	EISELT H, SANDBLOM C. Decision analysis, location models, and scheduling problems [M]. Springer, 2004.
FARAHANI et al. (2009)	FARAHANI R, HEKMATFAR M. Facility location: Concepts, models, algorithms and case studies[M]. Springer, 2009.
EISELT et al. (2011)	EISELT H, MARIANOV V. Foundations of location analysis[M]. Springer, 2011.
LAPORTE et al. (2015)	LAPORTE G, NICKEL S, GAMA F. Location Science [M]. Springer, 2015.
EISELT et al. (2015)	EISELT H. A, MARIANOV V. Applications of Location Analysis[M]. Springer, 2015.

DASKIN (2013) 总结了设施选址问题的五个特点:

1) 选址决策是研究不同层次的人类组织的选址问题, 从个人、家庭到公司、政府机构甚至是国际机构。

2) 选址决策是一个战略决策, 需要考虑长期的资金利用和经济效益。对于私营设施, 选址决策直接影响公司在市场上的竞争实力; 对于公共服务设施, 选址决策会影响提供公共服务的效率和公众享受公共服务的公平性。

3) 选址决策还涵盖了经济的外延含义, 包括污染、交通拥挤和经济发展潜力等。

4) 由于大多数选址问题是 NP-hard 问题, 很难求解选址模型的最优解, 特别是大型问题。

5) 选址问题都有相应的应用背景, 模型的结构(目标函数、变量和约束)由相应的应用背景决定。没有一个通用的模型可以解决所有的选址问题。

设施选址理论包含很多的问题, 但他们有许多共同的要素(马云峰, 2007; 杨丰梅等, 2010), 主要要素见表 1-5 所示。

设施选址理论影响要素

表 1-5

项目	内容
空间属性	连续空间、网络(连续、离散)、空间距离的度量
需求属性	需求的数量和空间分布、需求点之间的关联关系
供给属性	设施的属性、数量、层次等、供给之间的关系
需求和供给关联行为	购买行为、调度方式
建模	参数、阶段、目标函数、决策变量等

1. 空间属性

决策空间可能是 R^n 维的连续空间, 此时的模型为连续优化模型, 如果 $R \leq 3$, 一般为实物选址。其中, 一维的线段或直线, 通常比较简单; 二维的平面选址是最普遍的一种选址; 三维的空间选址也是实际中的一种选址, 如海中、空中的设施选址。

另外一种选址空间是网络, 设施可以安置在网络的任何地点或顶点, 若设施只能安置

在网络的顶点或离散集上，称为离散选址。

空间距离的度量，包括直线距离、时间等度量方式。在离散和网络设施选址中，主要有最短路径、车辆路径、可达性、网络流等方式进行表达（CHAN, 2005; MILLER et al., 2001）。

2. 需求属性

需求属性包括需求的数量、分布和层次等。通常假定顾客均匀分布在网络的弧上或以顾客群的形式集中在网络顶点或其他离散点上。

3. 供给属性

设施的属性有很多，包括供给的属性、数量、层次等。如期望设施还是有害设施、公共服务设施还是私有设施、设施间关系是部分合作的还是竞争性的、设施是分等级的还是同级的、各点的设施选址费用是相同的还是不同的。

4. 需求和供给的关联关系

购买行为如顾客光临设施的标准，包括是按距离的远近还是设施规模的大小或是服务质量、交通状况而定。调度方式如：就近调度、先来先服务、优先服务等。

5. 优化建模

优化建模包括参数、目标、约束、决策变量等。目标有最优化类型和非最优化类型。最优化目标，主要有利润型、费用型、需求型、环境型等；决策变量可以只是设施的位置，或是既要确定设施位置又要确定设施的数目，或是既确定设施的位置又确定设施的权重。模型中很多参数不能准确确定，带有明显的不确定性，参数的随机性、模糊性和动态性使得选址模型成为随机规划模型、模糊规划模型和动态规划模型。

设施选址模型可以分为分析模型（Analytic Models）、连续模型（Continuous Models）、网络模型（Network Models）、离散模型（Discrete Models）四类（DASKIN, 2013），如图 1-1 所示。

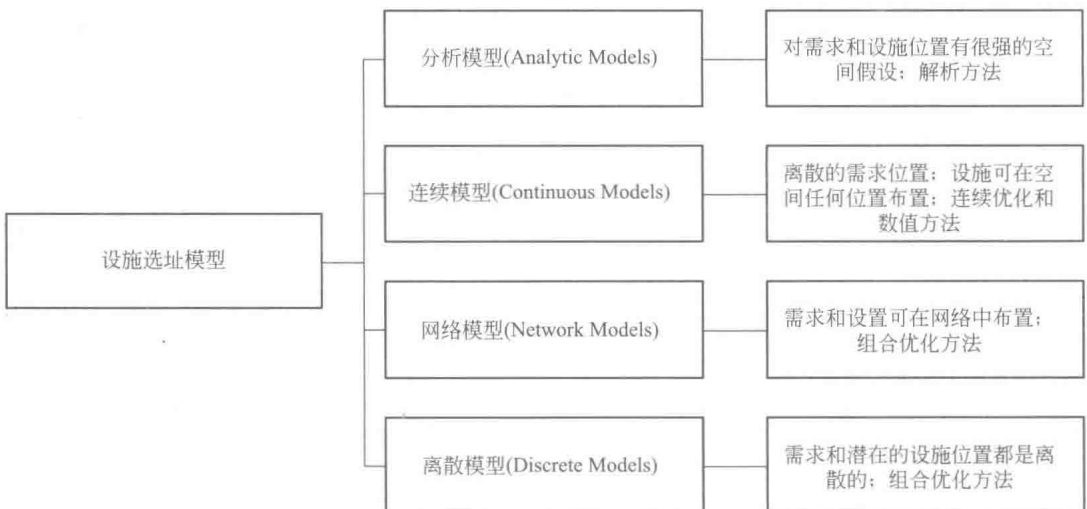


图 1-1 设施选址模型分类图

1.3 章节和模型安排

第1章 引言。现实背景和理论背景的介绍，现实背景从防灾规划、突发事件应急管理、城市安全规划等角度展开，理论背景则包括选址理论和设施选址。

第2章 应急设施选址模型综述。首先从经典模型、发展方向、算法、应急设施选址等方面介绍离散和网络设施选址模型，进而介绍本书建模的三条脉络，包括应急设施繁忙度的度量方法、设施选址中空间间隔的度量方法、可靠性导向下的选址模型。

第3章 设施点选址模型。提出了应急避难场所选址的最大准备度模型、基于空间排队应急设施选址模型、动态设施配置模型。

第4章 选址-路径模型。介绍了机会约束目标规划建模框架下的选址-路径模型与算法。

第5章 选址-网络交互关系。首先介绍交通网络和交通网络流的表示方法，其次介绍了双层规划与MPEC，最后介绍了选址-网络交互关系与建模方法。

第6章 选址-网络模型。介绍了确定和随机交通网络中关键应急避难场所识别模型和最近分配准则下关键应急避难场所识别模型。

第7章 决策支持系统设计。从需求分析、系统设计、算法库、界面等角度说明了计算平台设计。

图 1-2 列出了模型所在的章节及其主要特征。

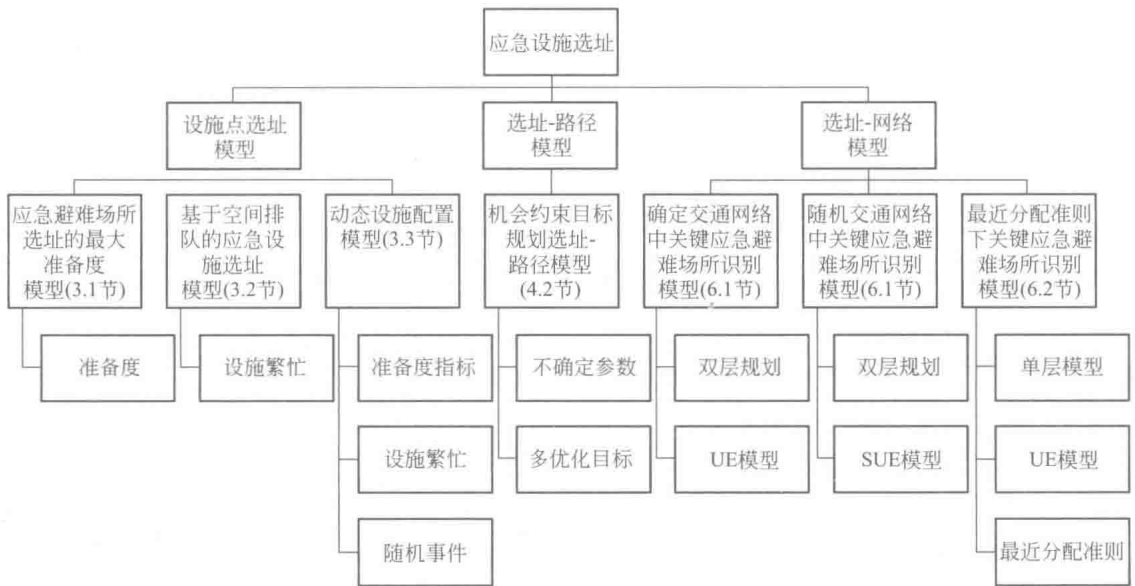


图 1-2 本书模型使用导图